下载APP

01 | 基本架构：一个键值数据库包含什么？

2020-08-03 蒋德钧

Redis核心技术与实战

进入课程 >

讲述：蒋德钧
时长 18:49 大小 17.24M

你好，我是蒋德钧。

我们知道，Redis 是典型的键值数据库，所以今天，我准备手把手地带你构建一个简单的键值数据库。为啥要这么做呢？

还记得我在开篇词说过吗？Redis 本身比较复杂，如果我们一上来就直接研究一个个具体的技术点，比如“单线程”“缓存”等，虽然可以直接学习到具体的内容，甚至立马就能解决一些小问题，但是这样学，很容易迷失在细枝末节里。

从我自己的经验来看，更好的学习方式就是先建立起“**系统观**”。这也就是说，如果我们想要深入理解和优化 Redis，就必须要对它的总体架构和关键模块有一个全局的认知，然后再深入到具体的技术点。这也是我们这门课坚持的一种讲课方式。

我相信，经过这样一个过程，我们在实践中定位和解决问题时，就会轻松很多，而且你还可以把这个学习方式迁移到其他的学习活动上。我希望你能彻底掌握这个学习思路，让自己的学习、工作效率更高。

说远了，还是回到我们今天的课程主题上。今天，在构造这个简单的键值数据库时，我们只需要关注整体架构和核心模块。这就相当于医学上在正式解剖人体之前，会先解剖一只小白鼠。我们通过剖析这个最简单的键值数据库，来迅速抓住学习和调优 Redis 的关键。

我把这个简单的键值数据库称为 SimpleKV。需要注意的是，GitHub 上也有一个名为 SimpleKV 的项目，这跟我说的 SimpleKV 不是一回事，我说的只是一个具有关键组件的键值数据库架构。

好了，你是不是已经准备好了，那我们就一起来构造 SimpleKV 吧。

开始构造 SimpleKV 时，首先就要考虑里面可以存什么样的数据，对数据可以做什么样的操作，也就是数据模型和操作接口。它们看似简单，实际上却是我们理解 Redis 经常被用于缓存、秒杀、分布式锁等场景的重要基础。

理解了数据模型，你就会明白，为什么在有些场景下，原先使用关系型数据库保存的数据，也可以用键值数据库保存。例如，用户信息（用户 ID、姓名、年龄、性别等）通常用关系型数据库保存，在这个场景下，一个用户 ID 对应一个用户信息集合，这就是键值数据库的一种数据模型，它同样能完成这一存储需求。

但是，如果你只知道数据模型，而不了解操作接口的话，可能就无法理解，为什么在有些场景中，使用键值数据库又不合适了。例如，同样是在上面的场景中，如果你要对多个用户的年龄计算均值，键值数据库就无法完成了。因为它只提供简单的操作接口，无法支持复杂的聚合计算。

那么，对于 Redis 来说，它到底能做什么，不能做什么呢？只有先搞懂它的数据模型和操作接口，我们才能真正把“这块好钢用在刀刃上”。

接下来，我们就先来看可以存哪些数据。

可以存哪些数据？

对于键值数据库而言，基本的数据模型是 key-value 模型。 例如，“hello”：“world”就是一个基本的 KV 对，其中，“hello”是 key，“world”是 value。SimpleKV 也不例外。在 SimpleKV 中，key 是 String 类型，而 value 是基本数据类型，例如 String、整型等。

但是，SimpleKV 毕竟是一个简单的键值数据库，对于实际生产环境中的键值数据库来说，value 类型还可以是复杂类型。

不同键值数据库支持的 key 类型一般差异不大，而 value 类型则有较大差别。我们在对键值数据库进行选型时，一个重要的考虑因素是**它支持的 value 类型**。例如，Memcached 支持的 value 类型仅为 String 类型，而 Redis 支持的 value 类型包括了 String、哈希表、列表、集合等。**Redis 能够在实际业务场景中得到广泛的应用，就是得益于支持多样化类型的 value**。

从使用的角度来说，不同 value 类型的实现，不仅可以支撑不同业务的数据需求，而且也隐含着不同数据结构在性能、空间效率等方面的差异，从而导致不同的 value 操作之间存在着差异。

只有深入地理解了这背后的原理，我们才能在选择 Redis value 类型和优化 Redis 性能时，做到游刃有余。

可以对数据做什么操作？

知道了数据模型，接下来，我们就要看它对数据的基本操作了。SimpleKV 是一个简单的键值数据库，因此，基本操作无外乎增删改查。

我们先来了解下 SimpleKV 需要支持的 3 种基本操作，即 PUT、GET 和 DELETE。

PUT：新写入或更新一个 key-value 对；

GET：根据一个 key 读取相应的 value 值；

DELETE：根据一个 key 删除整个 key-value 对。

需要注意的是，**有些键值数据库的新写 / 更新操作叫 SET**。新写入和更新虽然是用一个操作接口，但在实际执行时，会根据 key 是否存在而执行相应的新写或更新流程。

在实际的业务场景中，我们经常会碰到这种情况：查询一个用户在一段时间内的访问记录。这种操作在键值数据库中属于 SCAN 操作，即**根据一段 key 的范围返回相应的 value 值**。因此，**PUT/GET/DELETE/SCAN 是一个键值数据库的基本操作集合**。

此外，实际业务场景通常还有更加丰富的需求，例如，在黑白名单应用中，需要判断某个用户是否存在。如果将该用户的 ID 作为 key，那么，可以增加 EXISTS 操作接口，用于判断某个 key 是否存在。对于一个具体的键值数据库而言，你可以通过查看操作文档，了解其详细的操作接口。

当然，当一个键值数据库的 value 类型多样化时，就需要包含相应的操作接口。例如，Redis 的 value 有列表类型，因此它的接口就要包括对列表 value 的操作。后面我也会具体介绍，不同操作对 Redis 访问效率的影响。

说到这儿呢，数据模型和操作接口我们就构造完成了，这是我们的基础工作。接下来呢，我们就要更进一步，考虑一个非常重要的设计问题：**键值对保存在内存还是外存？**

保存在内存的好处是读写很快，毕竟内存的访问速度一般都在百 ns 级别。但是，潜在的风险是一旦掉电，所有的数据都会丢失。

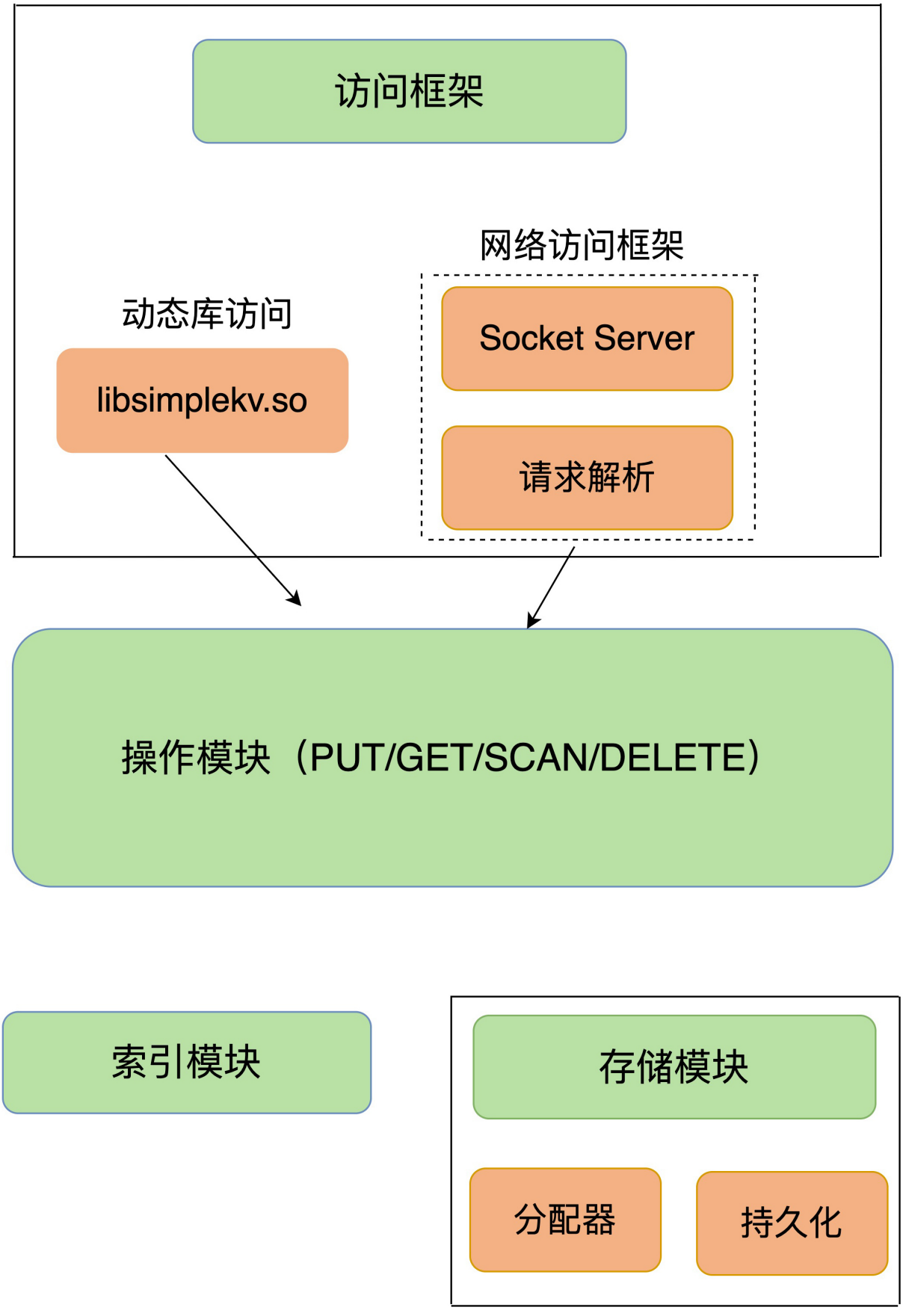
保存在外存，虽然可以避免数据丢失，但是受限于磁盘的慢速读写（通常在几 ms 级别），键值数据库的整体性能会被拉低。

因此，**如何进行设计选择，我们通常需要考虑键值数据库的主要应用场景**。比如，缓存场景下的数据需要能快速访问但允许丢失，那么，用于此场景的键值数据库通常采用内存保存键值数据。Memcached 和 Redis 都是属于内存键值数据库。对于 Redis 而言，缓存是非常重要的一个应用场景。后面我会重点介绍 Redis 作为缓存使用的关键机制、优势，以及常见的优化方法。

为了和 Redis 保持一致，我们的 SimpleKV 就采用内存保存键值数据。接下来，我们来了解下 SimpleKV 的基本组件。

大体来说，一个键值数据库包括了**访问框架、索引模块、操作模块和存储模块**四部分（见下图）。接下来，我们就从这四个部分入手，继续构建我们的 SimpleKV。

SimpleKV的基本内部架构



采用什么访问模式？

访问模式通常有两种：一种是**通过函数库调用的方式供外部应用使用**，比如，上图中的 libsimplekv.so，就是以动态链接库的形式链接到我们自己的程序中，提供键值存储功能；另一种是**通过网络框架以 Socket 通信的形式对外提供键值对操作**，这种形式可以提供广泛的键值存储服务。在上图中，我们可以看到，网络框架中包括 Socket Server 和协议解析。

不同的键值数据库服务器和客户端交互的协议并不相同，我们在对键值数据库进行二次开发、新增功能时，必须要了解和掌握键值数据库的通信协议，这样才能开发出兼容的客户端。

实际的键值数据库也基本采用上述两种方式，例如，RocksDB 以动态链接库的形式使用，而 Memcached 和 Redis 则是通过网络框架访问。后面我还会给你介绍 Redis 现有的客户端和通信协议。

通过网络框架提供键值存储服务，一方面扩大了键值数据库的受用面，但另一方面，也给键值数据库的性能、运行模型提供了不同的设计选择，带来了一些潜在的问题。

举个例子，当客户端发送一个如下的命令后，该命令会被封装在网络包中发送给键值数据库：

复制代码

```
1 PUT hello world
```

键值数据库网络框架接收到网络包，并按照相应的协议进行解析之后，就可以知道，客户端想写入一个键值对，并开始实际的写入流程。此时，我们会遇到一个系统设计上的问题，简单来说，就是网络连接的处理、网络请求的解析，以及数据存取的处理，是用一个线程、多个线程，还是多个进程来交互处理呢？该如何进行设计和取舍呢？我们一般把这个问题称为 I/O 模型设计。不同的 I/O 模型对键值数据库的性能和可扩展性会有不同的影响。

举个例子，如果一个线程既要处理网络连接、解析请求，又要完成数据存取，一旦某一步操作发生阻塞，整个线程就会阻塞住，这就降低了系统响应速度。如果我们采用不同线程处理不同操作，那么，某个线程被阻塞时，其他线程还能正常运行。但是，不同线程间如果需要访问共享资源，那又会产生线程竞争，也会影响系统效率，这又该怎么办呢？所以，这的确是个“两难”选择，需要我们进行精心的设计。

你可能经常听说 Redis 是单线程，那么，Redis 又是如何做到“单线程，高性能”的呢？后面我再和你好好聊一聊。

如何定位键值对的位置？

当 SimpleKV 解析了客户端发来的请求，知道了要进行的键值对操作，此时，SimpleKV 需要查找所要操作的键值对是否存在，这依赖于键值数据库的索引模块。**索引的作用是让键值数据库根据 key 找到相应 value 的存储位置，进而执行操作**。

索引的类型有很多，常见的有哈希表、B+ 树、字典树等。不同的索引结构在性能、空间消耗、并发控制等方面具有不同的特征。如果你看过其他键值数据库，就会发现，不同键值数据库采用的索引并不相同，例如，Memcached 和 Redis 采用哈希表作为 key-value 索引，而 RocksDB 则采用跳表作为内存中 key-value 的索引。

一般而言，内存键值数据库（例如 Redis）采用哈希表作为索引，很大一部分原因在于，其键值数据基本都是保存在内存中的，而内存的高性能随机访问特性可以很好地与哈希表 O(1) 的操作复杂度相匹配。

SimpleKV 的索引根据 key 找到 value 的存储位置即可。但是，和 SimpleKV 不同，对于 Redis 而言，很有意思的一点是，它的 value 支持多种类型，当我们通过索引找到一个 key 所对应的 value 后，仍然需要从 value 的复杂结构（例如集合和列表）中进一步找到我们实际需要的数据，这个操作的效率本身就依赖于它们的实现结构。

Redis 采用一些常见的高效索引结构作为某些 value 类型的底层数据结构，这一技术路线为 Redis 实现高性能访问提供了良好的支撑。

不同操作的具体逻辑是怎样的？

SimpleKV 的索引模块负责根据 key 找到相应的 value 的存储位置。对于不同的操作来说，找到存储位置之后，需要进一步执行的操作的具体逻辑会有所差异。SimpleKV 的操作模块就实现了不同操作的具体逻辑：

对于 GET/SCAN 操作而言，此时根据 value 的存储位置返回 value 值即可；

对于 PUT 一个新的键值对数据而言，SimpleKV 需要为该键值对分配内存空间；

对于 DELETE 操作，SimpleKV 需要删除键值对，并释放相应的内存空间，这个过程由分配器完成。

不知道你注意到没有，对于 PUT 和 DELETE 两种操作来说，除了新写入和删除键值对，还需要分配和释放内存。这就不得不提 SimpleKV 的存储模块了。

如何实现重启后快速提供服务？

SimpleKV 采用了常用的内存分配器 glibc 的 malloc 和 free，因此，SimpleKV 并不需要特别考虑内存空间的管理问题。但是，键值数据库的键值对通常大小不一，glibc 的分配器在处理随机的大小内存块分配时，表现并不好。一旦保存的键值对数据规模过大，就可能会造成较严重的内存碎片问题。

因此，分配器是键值数据库中的一个关键因素。对于以内存存储为主的 Redis 而言，这点尤为重要。Redis 的内存分配器提供了多种选择，分配效率也不一样，后面我会具体讲一讲这个问题。

SimpleKV 虽然依赖于内存保存数据，提供快速访问，但是，我也希望 SimpleKV 重启后能快速重新提供服务，所以，我在 SimpleKV 的存储模块中增加了持久化功能。

不过，鉴于磁盘管理要比内存管理复杂，SimpleKV 就直接采用了文件形式，将键值数据通过调用本地文件系统的操作接口保存在磁盘上。此时，SimpleKV 只需要考虑何时将内存中的键值数据保存到文件中，就可以了。

一种方式是，对于每一个键值对，SimpleKV 都对其进行落盘保存，这虽然让 SimpleKV 的数据更加可靠，但是，因为每次都要写盘，SimpleKV 的性能会受到很大影响。

另一种方式是，SimpleKV 只是周期性地把内存中的键值数据保存到文件中，这样可以避免频繁写盘操作的性能影响。但是，一个潜在的代价是 SimpleKV 的数据仍然有丢失的风险。

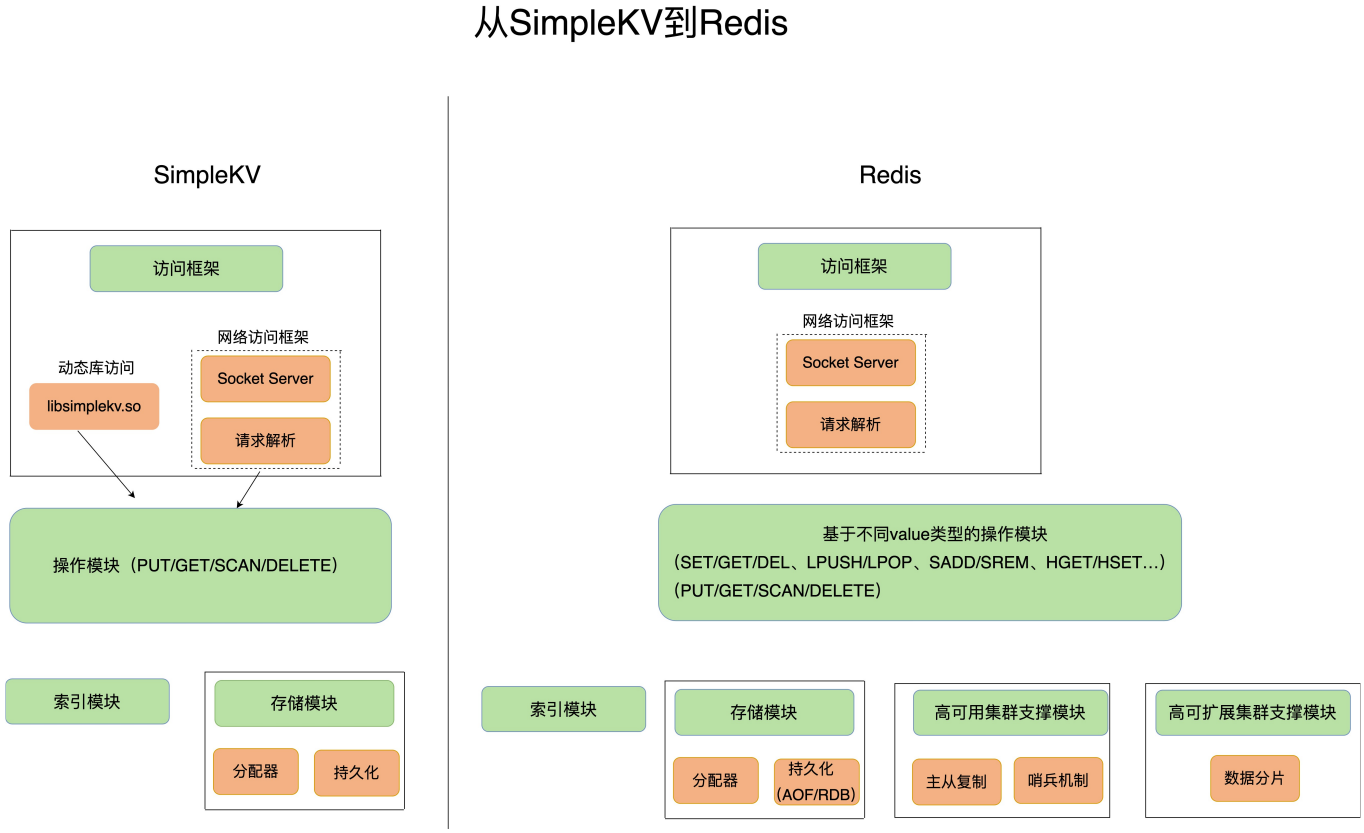
和 SimpleKV 一样，Redis 也提供了持久化功能。不过，为了适应不同的业务场景，Redis 为持久化提供了诸多的执行机制和优化改进，后面我会和你逐一介绍 Redis 在持久化机制中的关键设计考虑。

小结

至此，我们构造了一个简单的键值数据库 SimpleKV。可以看到，前面两步我们是从应用的角度进行设计的，也就是应用视角；后面四步其实就是 SimpleKV 完整的内部构造，可谓是麻雀虽小，五脏俱全。

SimpleKV 包含了一个键值数据库的基本组件，对这些组件有了了解之后，后面在学习 Redis 这个丰富版的 SimpleKV 时，就会轻松很多。

为了支持更加丰富的业务场景，Redis 对这些组件或者功能进行了扩展，或者说是进行了精细优化，从而满足了功能和性能等方面的要求。



从这张对比图中，我们可以看到，从 SimpleKV 演进到 Redis，有以下几个重要变化：

Redis 主要通过网络框架进行访问，而不再是动态库了，这也使得 Redis 可以作为一个基础性的网络服务进行访问，扩大了 Redis 的应用范围。

Redis 数据模型中的 value 类型很丰富，因此也带来了更多的操作接口，例如面向列表的 LPUSH/LPOP，面向集合的 SADD/SREM 等。在下节课，我将和你聊聊这些 value 模型背后的数据结构和操作效率，以及它们对 Redis 性能的影响。

Redis 的持久化模块能支持两种方式：日志（AOF）和快照（RDB），这两种持久化方式具有不同的优劣势，影响到 Redis 的访问性能和可靠性。

SimpleKV 是个简单的单机键值数据库，但是，Redis 支持高可靠集群和高可扩展集群，因此，Redis 中包含了相应的集群功能支撑模块。

通过这节课 SimpleKV 的构建，我相信你已经对键值数据库的基本结构和重要模块有了整体认知和深刻理解，这其实也是 Redis 单机版的核心基础。针对刚刚提到的几点 Redis 的重大演进，在接下来的课程中，我会依次进行重点讲解。与此同时，我还会结合实战场景，让你不仅能够理解原理，还能真正学以致用，提升实战能力。

每课一问

给你留个小问题：和你了解的 Redis 相比，你觉得，SimpleKV 里面还缺少什么功能组件或模块吗？

欢迎在留言区写下你的思考和答案，我们一起交流讨论，也欢迎你把今天的内容分享给你的朋友。

31 人觉得很赞 | 提建议

© 版权归极客邦科技所有，未经许可不得传播售卖。 页面已增加防盗追踪，如有侵权极客邦将依法追究其法律责任。

上一篇 开篇词 | 这样学Redis，才能技高一筹

下一篇 02 | 数据结构：快速的Redis有哪些慢操作？

精选留言 (34)

写留言

Monday 置顶
2020-08-13

庖丁解牛式的分解，赞，redis原来这么多“道道” ，一直是我把redis想简单了，以前只是一个拿来主义，人云亦云说redis好用，引入项目使用就行，没有深入redis背后的功能，所以一直以为redis很简单，希望通过此专栏有深入了解redis。

展开

作者回复: 加油，我们一起交流学习。

3

曾轼麟
2020-08-03

SimpleKV和Redis的对比：

【数据结构】上缺乏广泛的数据结构支持：比如支持范围查询的SkipList，和Stream等等数据结构
【高可用】上缺乏，哨兵或者master-slaver模式的高可用设计
【横向扩展】上缺乏集群和分片功能...
展开

作者回复: 赞，系统性的对比非常详细！我再补一个，内存分配器，SimpleKV就是glibc，Redis的分配器选择更多。

40

樱花落花
2020-08-03

依据高性能，高可用和可扩展的架构模式，SimpleKV还是主要缺乏高可用和可扩展的设计吧，单机高性能可以通过IO线程模型，数据结构内存模型等实现，其他两种没有😐

作者回复: 没错，和Redis相比，SimpleKV是个单机系统，扩展性就谈不上了，而且它也是个纯粹的内存数据库，高可靠也谈不上了。

1 8

一步
2020-08-03

使用动态链接库访问键值数据库的时候，是不是数据库的服务端也要和应用在同一个server中？数据库是服务的一部分
展开

作者回复: 是的，这等于你使用键值数据库的应用程序和数据库本身是一个进程了，运行时也在同一个server上。

4 7

Darren
2020-08-07

我觉得还有一个比较重要的点吧，就是安全性，Redis是二进制安全的，不关心序列化和反序列化，但是SimpleKV并没有这块。

再说说Redis比MemCached流行，并且蚕食后者市场份额主要的点就起Redis的数据结构，表面上是数据结构，本质上是”计算向数据迁移”，因为想要高性能，高可用，就...

展开

5

Kaito
2020-08-04

缺少的还包括：丰富的数据类型、数据压缩、过期机制、数据淘汰策略、主从复制、集群化、高可用等功能，另外还可以增加统计模块、通知模块、调试模块、元数据查询等辅助功能。

作者回复: 这个比较丰富，赞！

5

25ma
2020-08-04

缺一个实现以上功能的程序员

展开

4

方程
2020-08-07

Redis不也是根据跳表作为索引的吗

展开

作者回复: 跳表是在Redis的value类型为有序集合时采用的一种数据组织结构，作为集合内元素的索引，在有序集合中进行操作时会依赖于跳表索引。但是从key找到value本身这个过程还是由全局哈希表索引完成。

1

3

Spring4J
2020-08-04

我觉得缺了一块比较重要的基础设施：序列化和反序列化，这是各种网络中间件必不可少的一点

3

张洋
2020-08-05

缺少的功能组件的话就是1.单点问题，2.扩展问题。

有一个问题作为小白不是很懂，就是动态库 和 网络框架进行访问的区别。
网络框架:可以理解为需要通过Socket连接进行操作访问，比如redis 和 kafka （需要客户端进行TCP连接访问操作） 不知道这样的理解对吗？
动态库 不太明白是什么呢，如果是相当于我们平常说的SDK集成调用方法，在本地直接...
展开

作者回复: 网络框架理解的没错，此时，redis客户端和redis服务器端通常不在同一个物理机器上，需要过网络。如果是TCP/IP网络，就通过socket进行连接再访问。

动态库和SDK还不太一样，SDK通常封装了访问后端系统的操作，以API形式提供给程序使用。如果访问的后端系统和应用程序不在同一台服务器上，那么SDK中还是会和后端系统建立网络连接，以网络方式访问。而动态库实现的键值数据库相当于是在库里建立数据库的存储结构，一个应用程序调用这个库时就可以直接在本地存取数据了。

1 2

灰灰灰
2020-08-04

单机版simplekv还缺少key过期删除策略
展开

2

Geek_c37e49
2020-08-14

我是小白一个
键值数据库的访问方式
1、动态链接库方式----这个不是很能理解
这种动态链接库是兼容多语言的还是说每种语言都需要自己去实现
动态链接库本身是怎么实现访问的，基于内存的数据库，可能不在程序本身的这个主机...
展开

作者回复: 动态链接库是和语言相关的，例如C++语言实现的库由C++编写的程序调用。

如果用动态链接库实现键值数据库，应用程序可以先实例化动态链接库提供的类，然后调用实例的接口进行数据存取。我还是以SimpleKV举个例子，使用动态链接库方式时，使用方式类似如下：实例化一个db，然后可以进行读写操作。

```
simplekv::DB *db
db.get(key, &value)
db.put(key, value)
```

如果是用动态链接库实现的内存数据库，使用数据库的应用程序需要和库在一个主机上。如果不在同一主机上，就需要通过网络框架访问了，例如建立socket访问。

1

Evan
2020-08-07

SimpleKV和Redis的对比：
【数据类型】：只有单一数据类型，不方便
【高可用】：没有高可性技术，类型主从同步等高用设计
【扩展性】：无分片功能，当然也可以客端写分片逻辑
【事务性】：Simple KV 无事项，当然Redis ACID事务很差，但是有啊...

展开

作者回复: 对比的不错！

1

末日，成欢
2020-08-05

什么都不知道，进步空间还很大

展开

1

wd
2020-08-03

还缺一个懂得网络访问协议的多语言客户端驱动

展开

作者回复: 没错，当前SimpleKV是一个动态链接库。

1

longslee
2020-08-03

还缺一个网站。

展开

作者回复: 论网站的重要性：)

1

为了吃方便面
2020-08-17

不是很明白，SimpleKV不是作者要设计的一个服务吗，怎么说着说着就限定了SimpleKV的具体技术实现了，像要使用内存分配器 glibc 的 malloc 和 free的方案，直接给出了结论，难道不是应该分析这种技术的选取吗？

展开

-
2020-08-17

写的是真的好。一下就有了个全面的认识了

展开

学习个球
2020-08-14

对于访问模式的动态库方式还是没有很了解。
说一下我个人的理解：采用动态库的访问方式，相当于把客户端和服务端绑定在一起，客户端进行操作的时候直接在本地库里面进行存取操作，就没有涉及到网络通信的过程。

联系到 MySQL ，应该是采用动态库的访问方式。那么MySQL 提供的远程访问功能和这...

展开

> 作者回复: 我们这里提到的动态库访问，其实就不再区分客户端和服务端了，键值数据库就是在动态库里实现的，应用程序实例化动态库提供的类，然后调用实例接口就可以存取数据了。
>
> MySQL之所以能提供远程访问，也是因为它具有网络框架，所以对一个系统来说，实现了网络框架，就可以提供远程访问功能。希望解答了你的疑惑。

1

ming
2020-08-14

文中的SimpleKV有没有源码，个人感觉运行起来，操作下更促进理解每个模块

作者回复: SimpleKV暂时还没有公开的源码，不过我们正在做一个SimpleKV的升级版框架，定义好了接口，可以自行替换其中的索引结构、存储管理、内存管理等模块，到时会开源出来。